

АКАДЕМИЯ НАУК УКРАИНСКОЙ ССР

ИНСТИТУТ БИОЛОГИИ ЮЖНЫХ МОРЕЙ ИМ. А. О. КОВАЛЕВСКОГО

ISSN 0203—4646

ЭКОЛОГИЯ МОРЯ

1871



33

1989

**SIMULTANEOUS CONSUMPTION OF FOUR SUBSTANCES —
NITROGEN SOURCES BY MICROPHYTOBENTHOS
IN THE DE-LOZIER CHANNEL
(THE SEASIDE SHARANTA, FRANCE) IN SUMMER**

Summary

Simultaneous consumption of nitrates, nitrites, ammonium and urea salts by microphytobenthos placed under the channel conditions right away after sampling has shown no interaction. Linear dependence is found between consumption of nitrates and ammonium salts, the consumption intensity of the latter being two-three times higher. The saturation stage in consumption of ammonium salts was not achieved within its concentration up to $10 \mu\text{g-at N}\cdot\text{l}^{-1}$. The consumption rate for all nitrogen sources depends on the substrate concentration rather than on the oxidation degree of nitrogen being a part of the above sources.

УДК 582.26/27:581.13(98)

С. И. МАЙСТРИНИ, М. РОШЕ,
Л. ЛЕЖАНДР, С. ДЕМЕР, М. ГОСЛЕН

**ПИТАТЕЛЬНЫЕ ВЕЩЕСТВА
И БИОМАССА МИКРОВОДОРОСЛЕЙ У КРОМКИ ЛЬДА
В РАЙОНЕ КААДЖАРАПИК, ГУДЗОНОВ ЗАЛИВ,
КАНАДСКАЯ АРКТИКА**

В субполярных морях, покрытых льдом много месяцев в году, популяция микроводорослей состоит в основном из диатомовых, развивающихся вблизи кромки льда [3, 6, 25]. Эти организмы адаптированы к росту при температурах, близких к точке замерзания, и освещенности, не превышающей 1% величины светового потока, падающего на поверхность [6, 14, 22]. Плотность биомассы видов, распределенных во льду, шуге и микрополостях, нередко очень велика [1, 23].

В большинстве исследований, выполненных к настоящему времени, основной акцент был сделан на температурном и световом режимах, так как считалось, что питательные соли всегда присутствуют в количествах, достаточных для того, чтобы развитие эпонтневых водорослей происходило без пищевых ограничений [8, 19]. Поскольку эта концепция основывается на ограниченном количестве данных, нами были проведены исследования с целью уточнения того, действительно ли биогенные элементы не играют никакой роли в контроле биомассы водорослей, и в случае, если это предположение не подтвердится, определить, какой биогенный элемент является лимитирующим фактором.

Наблюдения и опыты были выполнены с конца марта до середины мая 1983 г. в точке (с координатами $55^{\circ}25,4'$ с. ш. и $77^{\circ}52,3'$ з. д.), удаленной в сторону моря от Пост-де-ла-Балена на 10 морских миль в Гудзоновом заливе (рис. 1). Большинство измерений и манипуляций проводилось у места отбора в лаборатории на льду. Сложные операции выполнялись на берегу, быстрая доставка образцов обеспечивалась с помощью вертолета.

Содержание биогенных элементов. Одновременно проводились два вида исследований: 1) сопоставление содержания биогенных элементов во льду и непосредственно прилегающих слоях водной толщи в точках, удаленных друг от друга на 100 м, в три разных периода; 2) слежение за изменением содержания биогенных элементов в фиксированной точке шуги с конца марта до середины мая.

Концентрация биогенных элементов у поверхности раздела лед — вода в общем втрое выше, чем в толще воды. Средняя концентрация азота (суммарный азот $=\text{NO}_3 + \text{NO}_2 + \text{NH}_4$) варьирует от 5,2 до 9,4 $\text{мкг-ат}\cdot\text{л}^{-1}$ во льду, а в подледной воде составляет только 1,3—3,3 $\text{мкг-ат}\cdot\text{л}^{-1}$ (табл. 1). В шуге ситуация имеет промежуточный харак-

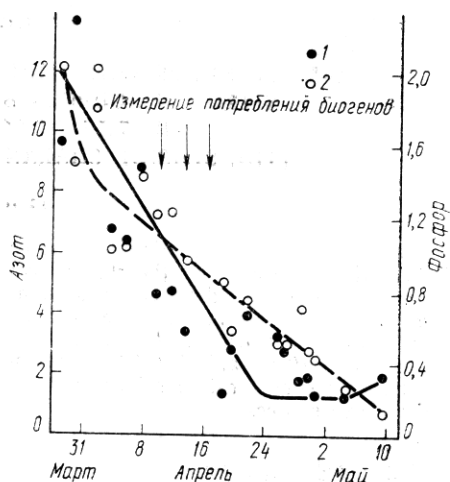
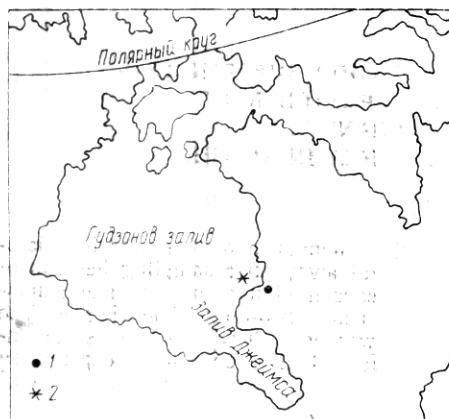


Рис. 1. Расположение станции наблюдения (1) и эксперимента (2) в Гудыоновом заливе

Рис. 2. Снижение содержания (мкг-ат-л⁻¹) азота ($\text{NO}_3 + \text{NO}_2 + \text{NH}_4$) и фосфора в шуге с 28 марта по 10 мая 1983 г.:

1 — азот; 2 — фосфор. Стрелками указаны дни, когда были проведены прямые измерения величины потребления биогенных элементов. Здесь и на рис. 3 и 5 линии на графике проведены визуально)

Таблица 1. Средние концентрации азота, фосфора, кремния (мкмоль-л⁻¹) хлорофилла *a*, феофитинов (мкг-л⁻¹) во льду и верхнем слое водной толщи вдоль разреза с центром в точке наблюдения, удаленной в сторону моря от Пост-де-ла-Балена

Биогенный элемент, пигмент	Лед		Столб воды подо льдом	
	$\bar{x}$	(s)	$\bar{x}$	(s)

15—17 апреля ($n=11$)

NH_4	4,7	(2,3)	1,4	(0,4)
$\text{NO}_3 + \text{NO}_2$	4,7	(3,8)	2,0	(0,5)
$\Sigma \text{N}(\text{NO}_3 + \text{NO}_2 + \text{NH}_4)$	9,4	(5,5)	3,3	(0,7)
PO_4	3,09	(1,69)	0,30	(0,08)
N/P	4,1	(4,0)	11,2	(2,3)
SiO_3	4,0	(1,2)	9,9	(1,6)
Хлорофилл <i>a</i>	36,4	(30,6)	0,4	(0,5)
Феофитины	6,6	(5,0)	0,4	(0,4)

3—4 мая ($n=11$)

NH_4	6,4	(3,8)	1,0	(0,5)
$\text{NO}_3 + \text{NO}_2$	0,8	(0,7)	0,9	(0,5)
$\Sigma \text{N}(\text{NO}_3 + \text{NO}_2 + \text{NH}_4)$	7,2	(4,2)	2,0	(0,7)
PO_4	2,30	(1,17)	0,53	(0,11)
N/P	3,9	(3,2)	3,4	(1,6)
SiO_3	6,9	(4,3)	8,1	(8,4)
Хлорофилл <i>a</i>	56,8	(30,8)	1,6	(1,2)
Феофитины	7,1	(8,3)	0,5	(0,35)

6—7 мая ($n=10$)

NH_4	4,7	(1,5)	1,6	(0,9)
$\text{NO}_3 + \text{NO}_2$	0,5	(0,2)	0	—
$\Sigma \text{N}(\text{NO}_3 + \text{NO}_2 + \text{NH}_4)$	5,2	(1,6)	1,6	(0,9)
PO_4	2,50	(1,06)	0,46	(0,15)
N/P	2,5	(1,5)	3,9	(3,1)
SiO_3	3,7	(0,7)	10,8	(1,3)
Хлорофилл <i>a</i>	41,6	(25,2)	3,1	(3,2)
Феофитины	14,1	(22,8)	0,4	(0,2)

Примечание. Здесь в табл. 2 $\bar{x}$ — среднее значение выборки; s — стандартное отклонение.

тер; в тот же период концентрация суммарного азота достигает $5,3-4,0$ мкг-ат·л⁻¹ (рис. 2). Концентрация фосфора имеет сходный характер распределения: средние значения во льду колеблются от $2,30$ до $3,09$ мкг-ат·л⁻¹, в морской воде — от $0,30$ до $0,46$, тогда как в шуге это около $0,90$ мкг-ат·л⁻¹. В шуге концентрация азота с конца марта до середины мая падает от примерно 12 до $1,3$ мкг-ат·л⁻¹ (рис. 2). Ионы NO_3 и NH_4 поглощаются одновременно, хотя исходная концентрация аммонийного азота составляет около 7 мкг-ат·л⁻¹ (рис. 3). В этом отношении эпонтиевые водоросли напоминают бентосные или бентопланктические диатомей атлантических болот [21].

Естественные запасы NO_3 истощаются, тогда как запаса NH_4 вообще не было.

За тот же период концентрация кремния в шуге не только не уменьшается, но даже несколько возрастает — от $0,4$ до $1,5$ мкг-ат·л⁻¹. Таким образом, в отношении этого элемента складывается сложная ситуация: повышенная концентрация в толще водного слоя ($8,1-10,8$ мкг-ат·л⁻¹), очень низкая в шуге ($0,4-1,6$ мкг-ат·л⁻¹) и промежуточная — во льду ($3,7-6,9$ мкг-ат·л⁻¹). Эта ситуация определенно формируется вследствие извлечения кремния из шуги водорослями, которые здесь активны, тогда как во льду находятся в состоянии покоя. То, что за время наблюдения содержание кремния в шуге несколько повысилось, тогда как запас азота был использован почти полностью, связано с относительно большим количеством кремния в толще воды под эпонтической областью раздела: соотношение $\text{N}:\text{Si}$ там равняется $0,28$, тогда как во льду — $1,83$. Это обычная ситуация у арктического побережья [4, 20] и, несомненно, связана с речными выносами.

В целом, обилие биогенных элементов в области взаимодействия воды и льда в зоне наблюдения несколько ниже, чем в других районах Арктики, где отмечается содержание NO_3 $8-17$ мкмоль·л⁻¹ ([2]; Arolionio (1958), Oradovski (1972) — цит. по [15]), хотя было много сообщений и о более низких его величинах [23]. Разница содержания между средой эпонтия и подледной водой, соответствующая $3:1$, все же не так велика, как считается ($10:1$) [19].

Поглощение водорослями биогенных элементов в шуге. Интенсивность поглощения азота и фосфора, рассчитанная из данных об уменьшении содержания минеральных ионов, составила соответственно $0,38$ и $0,046$ мкг-ат·л⁻¹·сут⁻¹. Проводились также прямые измерения в естественных популяциях, выдерживаемых в течение $7-8$ ч при $-1,5^\circ\text{C}$ и освещенности интенсивностью 422 мкэрг·м⁻²·с⁻¹. Поглощение азота в таких условиях происходило со средней интенсивностью $0,99$ мкг-ат·л⁻¹·сут⁻¹ $\text{N}-\text{NO}_3$. При сопоставлении двух величин показано, что процесс регенерации запаса питательных солей в шуге, идущий за счет поступления из подлежащих глубоких слоев воды [20], выноса из льда [15] и биологической реминерализации, примерно на $2/3$ компенсирует поглощение питательных веществ водорослями.

При увеличении количества минерального азота в среде до 29 мкг-ат·л⁻¹ интенсивность поглощения возрастала в $4,5$ раза. Аналогичный феномен выявлен и в отношении фосфора, но полученные данные слишком неоднородны, чтобы можно было рассчитать показатель возрастания.

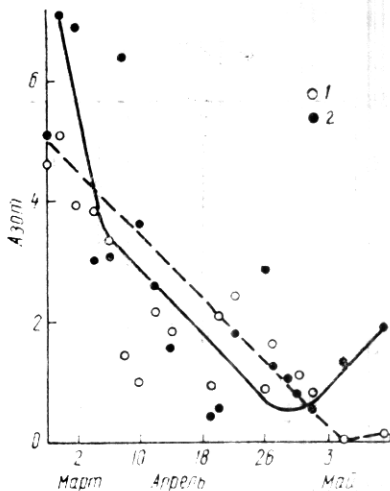


Рис. 3. Снижение содержания (мкг-ат·л⁻¹) NO_3 (1) и NH_4 (2) в шуге с 28 марта по 10 мая 1983 г.

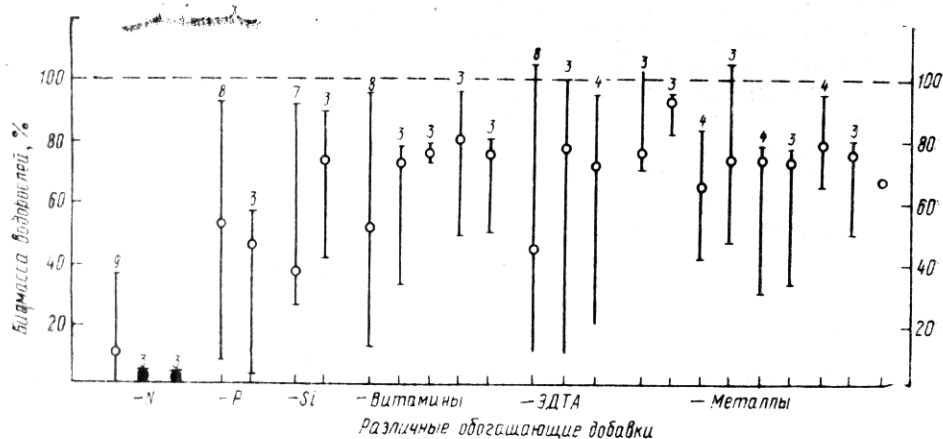


Рис. 4. Пределы колебаний и средние значения (кружками) потенциальной массы водорослей в популяциях шуги, культивировавшихся в присутствии разных добавок, в процентах к биомассе, формирующейся при добавке всех элементов. Цифры вверх отрезков соответствуют числу проведенных экспериментов

Биогенный элемент, лимитирующий биомассу водорослей. Измерения биомассы водорослей шуги произведены в середине апреля, когда среда бедна биогенными элементами. Испытуемые культуры инкубировались или *in situ*, или в лабораторных условиях при 4–5°C. В среду вносили различные обогащающие добавки, в которых содержание питательных веществ лишь немногим превышало естественный уровень (например, добавляли 25 мкмоль·л⁻¹ NO₃).

Биомасса культур, где среда не обогащалась, возрастала, но незначительно, тогда как в присутствии многих смесей содержащих азот, достигалось 40-кратное увеличение. Установлено, что азот является тем биогенным элементом, который контролирует биомассу водорослей, когда условия освещения и перемешивания открывают возможности для интенсивного роста (рис. 4).

Фосфор становится лимитирующим фактором, если концентрация азота достигает уровня 15 мкг·ат⁻¹·л⁻¹. В исследовавшихся пробах кремния было почти столь же мало, как и фосфора, но сомнительно, чтобы он мог выступать в роли лимитирующего фактора в зоне взаимодействия воды и льда, учитывая высокое содержание SiO₂ в подледной воде. Прочие пищевые факторы, естественно, присутствуют в шуге в концентрациях, допускающих существенное увеличение биомассы водорослей.

Различия ролей, принадлежащих азоту и фосфору, связаны с наличием большего количества фосфора. Соотношение N : P = 5,2 (S = 2,45; n = 19) намного ниже приводимого А. Редфилдом [27], который отметил наличие равновесия между элементами.

На первый взгляд странно, что естественный запас азота не всегда истощается полностью (рис. 2). Однако, основываясь на опытах с бентопланктическими диатомеями у поверхности раздела вода — грунт [28], с которыми эпонтиевые водоросли во многом сходны [25], мы полагаем, что водоросли шуги поглощают питательные вещества недостаточно энергично, чтобы вызвать истощение их запасов: механизмы восстановления этих запасов действуют быстрее. Подобное явление, возможно, связано с низкой избирательностью к данным субстратам (K_s очень высока), отражающей постоянные метаболические особенности, или вытекает из процесса «медленной или быстрой адаптации» [10], именуемого еще «сдвиг вверх и сдвиг вниз» [9, 16]. Таким образом, когда весной освещение становится достаточным для возобновления фотосинтетической активности [14], водоросли не могут извлекать биогенные элементы так же быстро, как тогда, когда питательные вещества присутствуют в повышенных концентрациях.

Интенсивность роста водорослей шуги. На культурах, инкубировавшихся *in situ* в течение 19–24 сут, удалось установить, что средняя продолжительность генерации составляет 17,6 сут ($S=3,4$; $n=6$) в необогащенных водах шуги и 8,1 сут ($S=22,9$; $n=14$) в присутствии оптимальных количеств обогащающих добавок. Эти величины на 1 сут выше времени генерации по сравнению с моделью Р. Эппли [11] для фитопланктона, растущего при 0°C. Они также выше, чем данные Дж. Банта [7] относительно эпонтиевых водорослей. Если, однако, внимательно изучить исходные материалы этого автора [6], выяснится, что установленное им время генерации составляет 10,5 сут. Не считая измерений, выполненных в лабораторных условиях на клонах водорослей, культивировавшихся на полноценных средах, эти результаты являются единственными, известными в настоящее время. Поэтому мы в качестве рабочей гипотезы предлагаем считать время генерации *in situ* для водорослей, находящихся в зоне

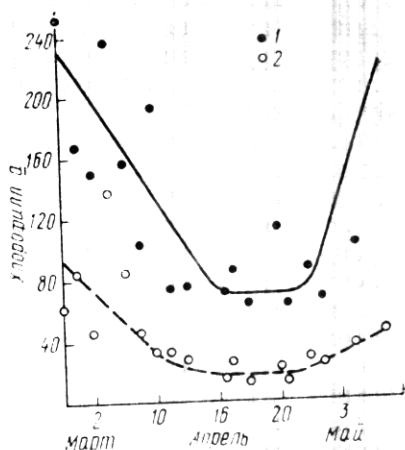


Рис. 5. Изменение концентрации (мкг·л⁻¹) хлорофилла *a* (1) и феофитинов (2) в шуге с 28 марта по 10 мая 1983 г. в наблюдательном пункте, расположенном в море в районе Пост-де-ла-Балена

Таблица 2. Соотношения основных химических компонентов клеток, отражающих физиологическое состояние природных популяций на границе раздела вода—лед наблюдавшиеся в море в районе Пост-де-ла-Балена весной 1983 г.

Число	C:N	C:АТФ	C:Хл <i>a</i>	N:Хл <i>a</i>
Март				
30	7,4	1109	68	9,1
Апрель				
2	7,4	877	101	13,6
4	6,1	491	—	5,3
6	12,2	—	72	5,9
8	10,5	542	132	12,6
10	14,4	384	114	8,0
12	10,0	441	115	11,5
14	6,5	—	51	7,8
19	12,5	245	82	6,6
20	7,2	—	—	5,3
22	12,4	255	76	6,1
24	12,5	333	72	5,8
26	11,7	515	109	9,4
30	15,6	208	77	4,9
Май				
1	16,2	265	86	5,3
5	13,9	1100	88	6,4
10	16,5	—	75	4,5
$\bar{x}$	11,4	520	88	7,5
<i>s</i>	3,5	313	22	2,8

Примечание. Хл *a* — хлорофилл *a*.

взаимодействия воды и льда, составляющим 8–18 сут.

Эволюция биомассы водорослей.

Состояние клеточного питания. За период наблюдения биомасса водорослей не возрастала (рис. 5), хотя запас питательных веществ значительно уменьшился. Мы считаем, что это положение — результат совместного действия выедания водорослей другими организмами и оседания их на дно, в результате чего из зоны контакта воды со льдом удаляется больше клеток, чем их образуется в процессе роста. Главные потребители водорослей — бокоплавы [26] и копеподы [12], которые очень активны в зоне исследований (наблюдения М. Роше непосредственно подо льдом), хотя эти организмы не отлавливались в шуге: они слишком подвижны для использовавшейся методики отлова.

При анализе клеточного состава естественных популяций (табл. 2) показано, что средняя величина соотношения $\text{ВОС}:\text{BON}$ (ат/ат) равна 11,4. Оно существенно отличается от нормального значения [1, 7], установленного А. Редфилдом [27], которое соответствует максимальной скорости роста [13], подтверждая, таким образом, что азот служит питательным элементом, ограничивающим рост водорослей. Кроме того, сравнивая средние величины соотношений $\text{C}:\text{АТФ}$ (520) и $\text{C}:\text{хлорофилл } a$ (88) со значениями, которые признаются

отражающими жизнеспособность всех клеток [17, 18], и принимая во внимание вариации, связанные с их ростом при $-1,5^{\circ}\text{C}$ [24] — температуре шуги, мы смогли рассчитать, что 75% клеток водорослей являются живыми. Наконец, на основе результатов, полученных Р. Бэрлоу [5], который показал, что при обилии питательных веществ у водорослей наблюдается повышение соотношения хлорофилл *a* : АТФ, так как клетки синтезируют прежде всего резервные вещества, представляется, что активность эпонтиевых водорослей менее выражена.

Этот результат подтверждает сделанную выше оценку времени генерации, оказавшегося повышенным, и не позволяет безоговорочно согласиться с мыслью, что все фундаментальные знания в области питания, полученные на планктонных штаммах, автоматически применимы не только к питанию водорослей в зоне контакта воды и льда в субполярных морях, но и к бентосным микроводорослям вообще. По нашему мнению, следует, напротив, тщательно изучать те особенности, которые столь же важны для жизни бентоса, как и адаптация к жизни при очень низкой температуре или очень слабом освещении.

Исследования выполнены благодаря финансированию „Natural Sciences and Engineering Research Council of Canada“, Centre champlain des Sciences de la Mer, F. C. A. C. N. S. E. R. C. и Общества энергии залива Джеймса.

1. Кузнецов Л. Л. Хлорофиллы и первичная продукция микроводорослей, связанных со льдом Амурского залива Японского моря // Биология моря, Владивосток. — 1980. — № 5. — С. 72—74.
2. Alexander V., Horner R., Clasby R. C. Metabolism of Arctic sea ice organisms // Rep. Inst. mar. Sci. Univ. Alaska. — 1974. — 74, N 4. — P. 1—120.
3. Apollonio S. The chlorophyll content of arctic sea-ice // Arctic. — 1961. — 14.
4. Apollonio S. Primary production in Dumbell Bay in the Arctic Ocean // Mar. Biol. — 1980. — 61. — P. 41—51.
5. Barlow R. G. Phytoplankton ecology in the southern Benguela current. 1. Biochemical composition // J. Exp. Mar. Biol. and Ecol. — 1982. — 63. — P. 209—227.
6. Bunt J. S. Microbiology of Antarctic sea-ice: Diatoms of Antarctic sea-ice as agents of primary production // Nature. — 1963. — 199, N 4900. — P. 1254—1257.
7. Bunt J. S. Some characteristics of microalgae isolated from antarctic sea-ice // Antarct. Res. Ser. — 1968. — 11. — P. 1—14.
8. Clasby R. C., Alexander V., Horner R. Primary productivity of sea-ice algae // Assessment of the Arctic Mar. Environment: Selected Topics. — Inst. mar. Sci., Univ. Alaska, Fairbanks, 1976. — P. 289—304.
9. Conway H. L., Harrison P. J., David C. O. Marine diatoms grown in chemostats under silicate or ammonium limitation. 2. Transient response of *Skeletonema costatum* to a single addition of the limiting nutrient // Mar. Biol. — 1976. — 35. — P. 187.
10. Droop M. R. The nutrient states of algal cells in continuous culture // J. Mar. Biol. Assoc. U. K. — 1974. — 54. — P. 825—855.
11. Eppley R. W. Temperature and phytoplankton growth in the sea // Fish. Bull. US. — 1972. — 70. — P. 1063—1085.
12. Fukuchi M., Sasaki H. Phytoplankton and zooplankton standing stocks and downward flux of particulate material around fast ice edge of Lützow-Holm Bay, Antarctica // Mem. Nat. Inst. Polar Res. Ser. E. — 1981. — 34. — P. 13—36.
13. Goldman J. C., McCarthy J. J., Peavey D. G. Growth rate influence on the chemical composition of phytoplankton in oceanic waters // Nature. — 1979. — 279.
14. Gosselin M., Legendre L., Demers S., Ingram R. G. Response of sea-ice microalgae to climatic and fortnightly tidal inputs (Manitounuk Sound, Hudson Bay) // Can. J. Fish. Aquat. Sci. — 1985. — 42, N 5. — P. 999—1006.
15. Grainger E. H. The annual nutrient cycle in sea-ice // Polar oceans: Proceed. SCOR / SCAP Polar Oceans Conference, Montreal, May 1974. — Calgary: Arctic Institute of North America, 1977. — P. 285—299.
16. Harrison P. J., Conway H. L., Dugdale R. C. Marine diatoms grown in chemostats under silicate or ammonium limitation. 1. Cellular chemical composition and steady-state growth kinetics of *Skeletonema costatum* // Mar. Biol. — 1976. — 35.
17. Healey F. P. Physiological indicators of nutrient deficiency in algae // Fish. mar. Ser. Res. Dev. tech. Rep. — 1975. — N 585. — P. 30.
18. Holm-Hansen O. ATP levels in algal cells as influenced by environmental conditions // Plant and Cell Physiol. — 1970. — 11. — P. 689—700.
19. Horner R. A. Sea-ice organisms // Oceanogr. Mar. Biol. Ann. Rev. — 1976. — 14.
20. Legendre L., Ingram R. G., Poulin M. Physical control of phytoplankton production under sea-ice (Manitounuk Sound, Hudson Bay) // Can. J. Fish. Aquatic Sci. — 1981. — 38. — P. 1385—1392.

21. Maestrini S. Y., Robert J.-M., Truquet I. Simultaneous uptake of ammonium and nitrate by oyster-pond algae // Mar. Biol. Letters. — 1982. — 3. — P. 143—153.
22. McGrath Grossi S., Sullivan C. W. In situ growth rates and floristics for antarctic sea ice microalgae grown under various snow depths // Abstracts, Eighth symp. on living and fossil diatoms. Paris, aug. 27th—sept. 1st. — 1984. — P. 101.
23. McRoy C. P., Goering J. J. The influence of ice on the primary productivity of the Bering Sea // Oceanography of the Bering Sea. Occasional Publication N 2, Institute of Mar. Sci., Fairbanks: Univ. Alaska, 1974. — P. 403—421.
24. Palmisano A. C., Sullivan C. W. Physiology of sea-ice diatoms. 1. Response of three polar diatoms to a simulated summer-winter transition // J. Phycol. — 1982. — 18. — P. 489—498.
25. Poulin M., Cardinal A., Legendre L. Réponse d'une communauté de diatomées de glace à un gradient de salinité (baie d'Hudson) // Mar. Biol. — 1983. — 76. — P. 191—202.
26. Rakusa-Suszczewski S. The biology of *Paramoera walkeri* Stebbing (Amphipoda) and the Antarctic sub-fast ice community // Pol. arch. hydrobiol. — 1972. — 19.
27. Redfield A. C. On the propositions of organic derivations in sea water and their relation to the composition of plankton / Ed. by R. J. Daniel // James Johnstone memorial volume. — Liverpool: Univ. press, 1934. — P. 176—192.
28. Robert J.-M., Maestrini S. Y., Bages M. et al. Estimation, au moyen de tests biologiques, de la fertilité pour trois diatomées des claires à huitres de Vendée // Oceanol. Acta. — 1979. — 2, N 3. — P. 275—286.

Центр исследований по морской экологии
и аквакультуре, Умо, Франция

Отдел биологии, Университет Лавалья, Сент-Фуа, Квебек, Канада,
Шамплейнский центр моря, рыболовства и океана, Квебек, Канада Получено 10.02.88

S. MAESTRINI, M. ROCHET, L. LEGENDRE,
S. DEMERS, M. GOSSELIN

NUTRIENT SUBSTANCES AND BIOMASS OF MICROALGAE NEAR THE EDGE OF ICE IN THE REGION OF KAADZHARAPIC, THE HUDSON BAY, THE CANADIAN ARCTIC

Summary

The content of biogenic elements in thawing ice, frazil and in the surface layer of sea water was determined in April of 1983 with simultaneous analysis of the basic constructive elements of microalgae. Consumption of biogenic elements by algae from frazil was measured as well. Average concentration of $\text{NO}_3 + \text{NO}_2 + \text{NH}_4$ varied from 5.2 to 9.4 $\mu\text{mol} \cdot \text{l}^{-1}$ in ice and from 1.6 to 3.3 $\mu\text{mol} \cdot \text{l}^{-1}$ in the water layer. The frazil water originally had intermediate nitrogen concentrations: from 5.3 to 4.0 $\mu\text{g} \cdot \text{at} \cdot \text{l}^{-1}$. The phosphorus content changed from 2.3 to 3.09 $\mu\text{g} \cdot \text{at} \cdot \text{l}^{-1}$ in water from ice, from 0.30 to 0.46 in the subice water and about 0.9 $\mu\text{g} \cdot \text{at} \cdot \text{l}^{-1}$ in the frazil water. From the end of March till the middle of May the content of total nitrogen decreased in frazil from ≈ 12 down to 1.3 $\mu\text{g} \cdot \text{at} \cdot \text{l}^{-1}$, consumption of NO_3 and NH_4 occurred simultaneously. Reserve of NO_3 was completely exhausted while that of NH_4 was still preserved. Silicon concentration in frazil did not decreased for the same period. Silicon concentration in the sub-ice water proved to be higher than in ice: 8.1-9.9 and 3.7-6.9 $\mu\text{g} \cdot \text{at} \cdot \text{l}^{-1}$, respectively.

Consumption of biogenic elements calculated by their disappearance in situ achieved 0.38 $\mu\text{g} \cdot \text{at} \cdot \text{l}^{-1}$ of nitrogen per a day and 0.046 of phosphorus. Nitrogen consumption during exposition in the field incubator at -1.5°C amounted to 0.99 $\mu\text{g} \cdot \text{at} \cdot \text{l}^{-1}$ a day. The rate of the frazil reservoir replenishment at the expense of its transition from ice, advection from water thickness and due to regeneration compensates 2/3 of that amount of biogenic elements which is consumed by microalgae. A hypothesis is advanced that K_s of epontic (and other benthic) microalgae is higher than that of phytoplanktonic species, so they cannot exhaust natural reserve of biogenic elements.

Biomass of the frazil microalgae decreases as a result of its eating by zooplankton, submergence and possibly migration into ice. Analyses of suspended organic carbon and suspended organic nitrogen chlorophyll *a* ATP give average values of ratios: $\text{C/N} = 11.4$ ($s = 3.5$), $\text{C/ATP} = 520$ ($s = 313$), $\text{C/chlorophyll } a = 88$ ($s = 22$), $\text{N/chlorophyll } a = 7.5$ ($s = 2.8$), $n = 17$. It is stated that frazil microalgae (71%) belong to living cells whose physiological processes are maintained at rather low level of the activity. Real culture growth rate is limited by biogenic elements. Nitrogen determines yield of alga biomass while illuminance and eating promote their growth. Average generation time of the epontic arctic microalgae equals 8-17 days.

The epontic dynamics is controlled not only „from above“ due to seasonal (climatic) changes of the illumination intensity but also „from below“ under the influence of more short-time (hydrodynamic) phenomena connected with vertical agitation.